

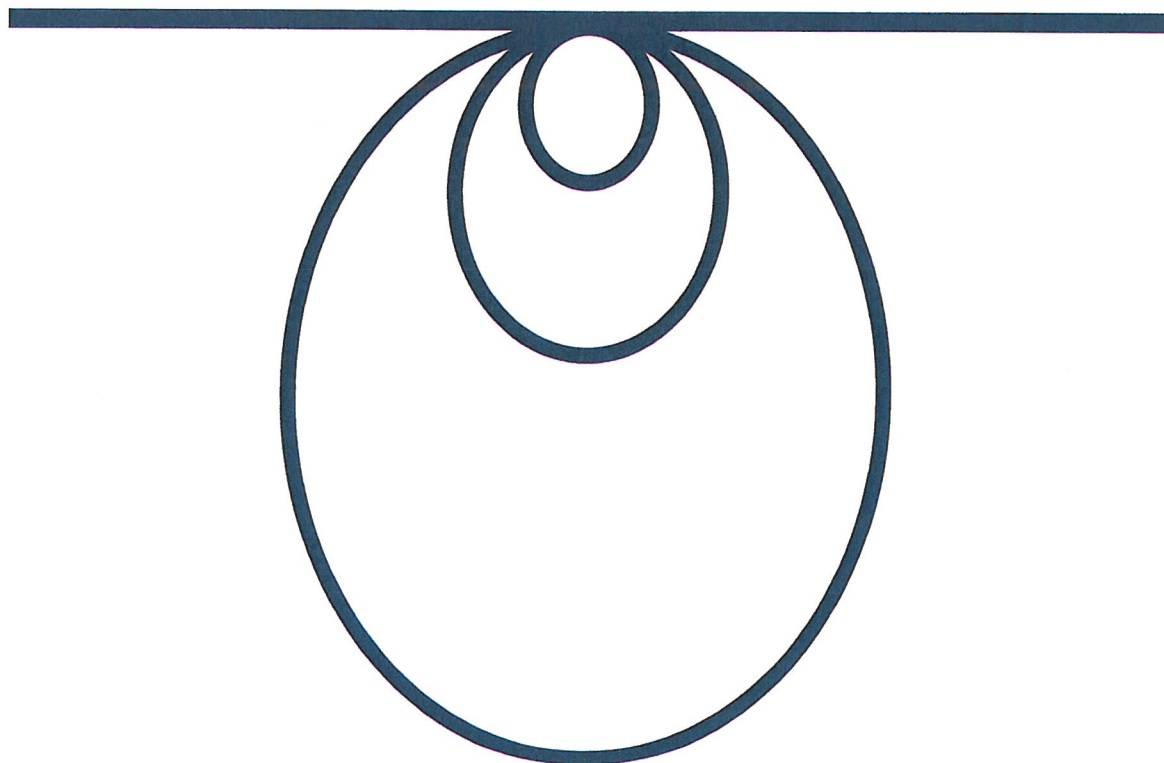


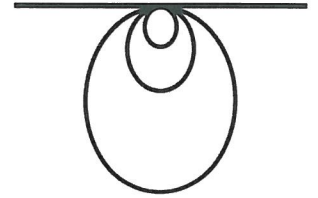
Comune di Boretto
Provincia di Reggio Emilia

Variante parziale al PRG vigente
“Area per attività sportive (pista motocross)” in via Finghè

Relazione geologica

Dicembre 2011





Comune di Boretto
Provincia di Reggio Emilia

Variante parziale al PRG vigente
“Area per attività sportive (pista motocross)” in via Finghè

Relazione geologica

Dicembre 2011

GEOLOGIA APPLICATA

Indice

GEOFISICA

GEOTECNICA

IDROGEOLOGIA E
IDROLOGIA

1	PREMESSA.....	1
2	QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	1
3	INQUADRAMENTO SISMICO.....	2
4	INDAGINI DI CAMPAGNA.....	4
5	INTERPRETAZIONE DEI CPT.....	4
6	STRATIGRAFIA.....	5
7	CARATTERI GEOMECCANICI E FISICI.....	5
8	NOTE PRELIMINARI DI GEOLOGIA TECNICA.....	7
9	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	9
9.1	Amplificazione locale e spettro di risposta.....	9
9.2	Rischio liquefazione.....	12

Tavole

MODELLI MATEMATICI

1. Corografia generale aree oggetto di variante
2. Planimetria con ubicazione indagini
- 3 - 4. Diagrammi prove penetrometriche (CPT)
- 5 - 6. Interpretazioni CPT
- 7 - 8. Verifica rischio liquefazione

Allegati

Estratto da indagine sismica Re.Mi.



Fausto Campioli

1 PREMESSA

Per conto dell'Amministrazione Comunale di Boretto ho condotto uno studio geologico di supporto ad una Variante parziale al PRG vigente, relativa all'area "motocross" in via Finghè.

Il comparto d'interesse, posto a Sud del capoluogo, attualmente è a destinazione agricola, ricadendo nell'ambito della Proprietà del Sig. Galvani Mario (Foglio 20, Mappali 230, 129÷131, 155÷158), che li esercita un'attività di demolizione auto e rottamazione in genere.

La riqualificazione urbanistica prevede una destinazione ad attività sportive (pista da motocross).

In figura 1 è una ripresa satellitare del settore.



Figura 1

Nel presente rapporto espongo i risultati dell'indagine geognostica e geofisica effettuata, in termini di modello geologico e sismico del primo sottosuolo.

2 QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il comune di Boretto ricade nella bassa Pianura Reggiana; le quote assolute giocano intorno ai 20 m sul livello del mare medio.

La morfologia del comparto è piatta, con debole inclinazione verso Nord-Est.

Sotto il profilo litologico l'assetto generale è noto: un consistente spessore di limi e argille ricopre un profondo intreccio di paleovalvei sabbiosi.

Secondo gli studi effettuati nel 2004 a supporto del “Quadro conoscitivo” del PSC, nell’area rivierasca, alla quale appartiene il comparto di studio, il tetto del materasso incoerente si trova intorno a - 5÷10 m dalla superficie.

Tutti depositi sono ascrivibili all’attività deposizionale del Fiume Po; le terre fini superficiali derivano dalla sedimentazione in acque ferme (aree di esondazione) mentre le sabbie sono tipiche di ambienti idraulici con corrente trattiva (paleo-alvei).

I più recenti studi condotti dalla Regione Emilia Romagna in collaborazione con AIPO (Progetto SISMA-PO 2011 - Verifiche di stabilità in condizioni sismiche dell’argine destro del Po nei comuni classificati sismici in zona 3, nel tratto compreso tra Boretto e Ro) collocano la base dei depositi alluvionali poco sopra i 600 m di profondità; tale spessore si spiega con l’accumulo dei sedimenti, negli ultimi 800000 anni, all’interno di un bacino subsidente.

Più sotto si trova il substrato marino di natura argillosa.

Relativamente ai lineamenti idrogeologici, risultano strettamente correlati all’assetto stratigrafico descritto, giacchè si ha a che fare con suoli generalmente poco permeabili e con risorse idriche che si concentrano nei livelli sabbiosi profondi, più trasmissivi delle terre fini che li contengono.

La soggiacenza della falda varia in accordo con gli apporti idrici stagionali; nella porzione più meridionale del Comune, laddove ricade l’area d’interesse, oscilla generalmente da - 1.5 m nella stagione piovosa a - 3÷3.5 m in quella asciutta; le misure effettuate nei fori di sondaggio eseguiti collocano il tetto dell’acquifero a - 2.5÷3.0 m circa.

Il flusso idrico sotterraneo va da Nord verso Sud.

3 INQUADRAMENTO SISMICO

Dal 2003 il Comune di Boretto è classificato sismico di 3° categoria.

Dunque la pericolosità sotto questo profilo è da considerarsi bassa ma non trascurabile.

Gli eventi tellurici sono attribuibili ai movimenti della crosta profonda ed in particolare alla subduzione di porzioni della zolla padano-adriatico-ionica sotto alla catena appenninica.

In tabella 1 è riportato l’elenco storico dei forti terremoti occorsi fino al 2008 nell’area con raggio di 30 km centrata sul sito d’interesse, dalla quale si può ricavare che la Magnitudo massima prevedibile è intorno a 5.6.

Anno	Località	Magnitudo
1345	CASTELNUOVO	4.63
1409	PARMA	4.83
1438	PARMENSE	5.62
1465	REGGIO EMILIA	5.03
1547	REGGIO EMILIA	5.21
1572	PARMA	5.13
1591	REGGIO EMILIA	4.83
1608	REGGIO EMILIA	4.83

1628	PARMA	5.17
1671	RUBIERA	5.34
1732	PARMA	4.83
1774	PARMA	4.83
1806	NOVELLARA	5.26
1810	NOVELLARA	5.28
1831	REGGIANO	5.48
1832	REGGIANO	5.59
1857	PARMENSE	5.26
1886	COLLECCHIO	4.83
1915	REGGIO EMILIA	5.01
1928	CARPI	4.85
1937	PARMA OVEST	4.56
1950	REGGIANO	4.46
1967	CORREGGIO	4.71
1971	PARMENSE	5.61
1983	PARMENSE	5.10
1987	REGGIANO	5.05
1996	CORREGGIO	5.44
2000	REGGIANO	4.46

Tabella 1

Secondo gli *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica* il valore dell'accelerazione orizzontale di picco al suolo di riferimento per il Comune è pari a 88 Gal.

Riguardo agli eventi attesi in caso di sisma, il P.T.C.P. di Reggio Emilia segnala l'eventuale amplificazione stratigrafica ed il rischio liquefazione dei terreni (vedi figura 2).



CLASSI	EFFETTI ATTESI				
	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
A	X		X		
B	X	X	X		
C	X				
D	X	X			
E		X			
F	X				X
G	X			X (potenziale)	
H					

Figura 2

4 INDAGINI DI CAMPAGNA

Si sono eseguite 2 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte a - 30 m dal piano campagna ed 1 prospezione geofisica Re.Mi. (Refraction Microtremors).

La campagna geognostica fu intesa a connotare i seguenti aspetti:

- stratigrafia e caratteristiche meccaniche dei terreni nel volume d'interesse geotecnico;
- velocità delle onde di taglio (V_s) nello spessore d'interesse sismico;
- eventuale profondità del bed-rock sismico.

I sondaggi sono stati affidati a Geoprogetti s.a.s di Medolla (MO), laboratorio che dispone dell'autorizzazione ministeriale ad effettuare prove in situ (n.54420), così come richiesto dalle recenti *Norme tecniche per le costruzioni* (D.M. 14.01.2008)

Il test geofisico è stato condotto dallo Studio C.G.A. di S.Giovanni in Persiceto (BO), specializzato nella materia.

L'ubicazione delle indagini è argomento di tavola 2.

Nelle tavole 3÷4 sono diagrammati i dati di campagna dei CPT, mentre i certificati originale emessi dal Laboratorio sono a disposizione.

La metodica ed i risultati della prospezione sismica sono in allegato.

5 INTERPRETAZIONE DEI CPT

Il trattamento dei dati di campo sfrutta diverse correlazioni offerte dalla bibliografia, nonché esperienze nostre.

Le tavole 5÷6 riuniscono in forma sintetica i risultati d'ordine stratigrafico e geomeccanico ottenuti, ed in particolare:

- la classificazione litologica (secondo Schmertmann, 1978);
- il probabile andamento della tensione litostatica efficace (σ'_{v0});
- l'angolo di resistenza a taglio in termini di tensioni efficaci (ϕ') per le terre incoerenti;
- la resistenza a taglio in termini di tensioni totali (c_u) relativa alle terre coesive;
- il rapporto di sovraconsolidazione (OCR) relativo alle terre coesive.

L'angolo ϕ' è ottenuto in accordo con Durgunoglu e Mitchell, 1975; c_u deriva dalla nostra correlazione:

$$c_u = \lambda (q_c - \sigma'_{v0}) / (q_c / 4 + 15) \quad (\text{resistenza alla punta } q_c \text{ espressa in bar})$$

con $\lambda = 0.75$ per i loams, 1.00 per le argille "magre", 1.25 per le argille "grasse", 1.50 per le torbe.

Relativamente ad OCR, si ricorda che, per le argille, esso esprime lo scostamento tra la consistenza misurata e quella che occorrerebbe attendersi nel medesimo terreno qualora la consolidazione fosse avvenuta per effetto del solo carico litostatico; $OCR > 1$ indica ovviamente uno stato precompresso.

La relazione utilizzata per la stima del rapporto è la seguente:

$$c_u/\sigma'_{v0} = (0.23 \pm 0,04) OCR^{0.8} \text{ (Ladd e Foot, 1974).}$$

6 STRATIGRAFIA

Il primo sottosuolo è costituito da argilla fino a - 13÷14 m; più sotto fino alla massima profondità d'indagine si trovano sabbie con sporadiche intercalazioni limo-sabbiose.

7 CARATTERI GEOMECCANICI E FISICI

Sotto il profilo geomeccanico i terreni indagati sono relativamente omogenei in senso orizzontale, come evidenziato dalla sovrapposizione dei diagrammi CPT (figura 3).

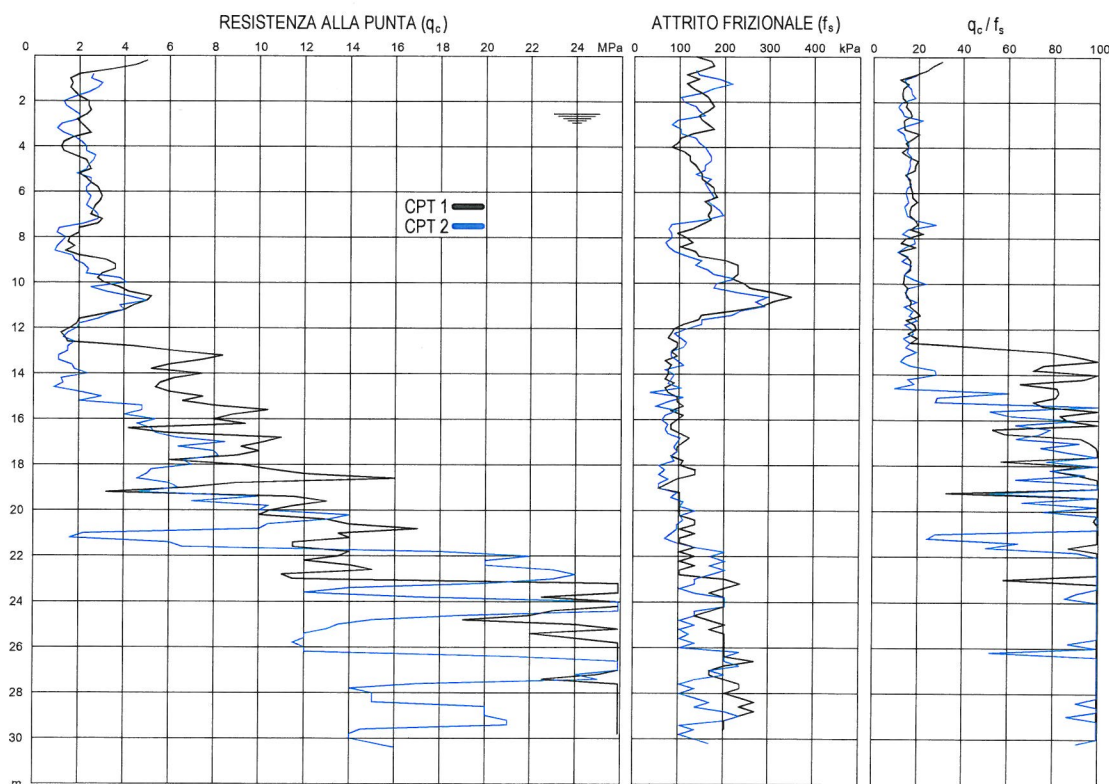


Figura 3

Le argille sono generalmente consistenti ($1 < q_c < 2$ MPa) e talora molto consistenti ($2 < q_c < 5$ MPa).

Lo strato argilloso risulta anche sovraconsolidato, con valori di OCR decrescenti in ragione della profondità (vedi figura 4).

Nel particolare quadro genetico tale stato è imputabile a processi di essiccazione subaerei.

In pratica ad ogni evento esondativo, che depositava uno strato di sedimenti, seguiva un periodo arido in grado di disidratare il terreno e quindi di addensarlo e d'indurirlo; la particolarità del processo consiste nella conservazione di tale stato anche a seguito di reidratazione.

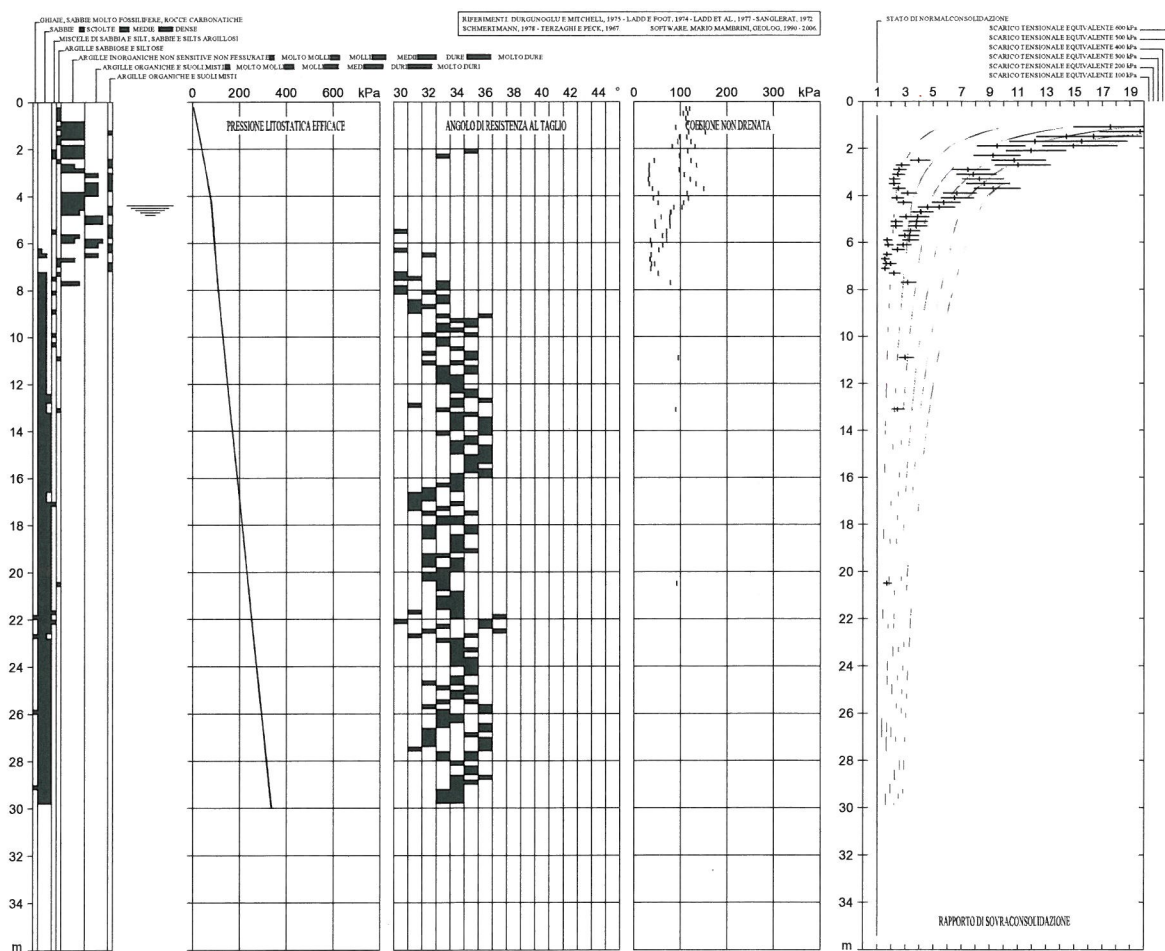


Figura 4

Il risvolto geotecnico di questo fenomeno è la maggiore resistenza a taglio e la minore compressibilità rispetto allo stesso terreno la cui storia tensionale sia regolata dal semplice seppellimento.

In ordine alla resistenza al taglio di quei terreni, i diagrammi interpretativi mostrano valori nominali di c_u che oscillano intorno a 100 kPa, con massimi di 160÷180 kPa attribuibili agli orizzonti più sovraconsolidati e minimi di 60÷70 kPa nei livelli prossimi al tetto delle sabbie.

Relativamente ai depositi granulari, sono compatti fino a - 20÷22 m ($4 < q_c < 12$ MPa) e dense più sotto, fino - 30 m ($12 < q_c < 25$ MPa).

L'angolo d'attrito interno ϕ' gioca nel range 30°÷36°, con una maggiore frequenza dei valori intorno a 33°÷34°.

La densità relativa D_r è compresa tra 0.4 e 0.8; visto che la geologia del luogo esclude che questi terreni abbiano subito scarichi litostatici e considerato che i materiali incoerenti non risentono dei processi di essiccamento, per essi va posto lo stato normalconsolidato.

Dunque per quanto riguarda i rapporti di compressione CR e ricomprensione RR, sembra adeguato porre

CR \approx 0.2 e RR \approx 0.02 per le argille.

CR \approx 0.01 e RR \approx 0.001 per le sabbie.

Infine il peso di volume γ dei terreni si valuta pari a 2.0 e 1.8 Mg/m³ rispettivamente per le terre coesive ed i depositi incoerenti.

8 NOTE PRELIMINARI DI GEOLOGIA TECNICA

Nell'ambito delle pratiche costruttive tradizionali per gli impianti sportivi nei territori di bassa pianura, l'assetto stratigrafico e geomeccanico descritto rende plausibile il ricorso a fondazioni dirette.

In sede di pianificazione, pur non disponendo di progetti specifici, è opportuno esporre qualche considerazione orientativa in merito alle prestazioni ottenibili dal terreno.

Assumendo una quota d'appoggio ideale intorno a - 1.5÷2.0 m dall'attuale piano campagna, vista la natura coesiva e lo stato saturo, per l'analisi del comportamento plastico si fa riferimento ad un quadro tensionale in termini di sforzi totali; si impone cioè che la resistenza al taglio sia delegata alla sola coesione (c_u), considerando nullo il contributo dato dall'attrito tra i grani. ($\phi = 0$).

La pressione di rottura del terreno q_{ult} nelle condizioni imposte e per fondazioni a nastro può essere calcolata tramite la relazione:

$$q_{ult} = (2 + \pi) \cdot c_u + \gamma \cdot D \quad (\text{Prandtl, 1921}) \quad \text{in cui}$$

- D è l'approfondimento della fondazione

- c_u è la coesione non-drenata,

- γ è il peso di volume del terreno, che si stima intorno a 2 Mg/m³

Per un calcolo allo stato limite ultimo (SLU), considerando un valore cautelativo di $c_u \approx 80$ kPa e applicando al parametro il fattore riduttivo indicato dalle nuove *Norme tecniche per le costruzioni*, si ottiene:

$$q_{ult(SLU)} \approx 5.14 \cdot (80/1.4) + (20 \cdot (1.5 \div 2)) \approx 300 \text{ kPa}$$

Con suoli di bassa consistenza e verosimilmente compressibili, come quelli in questione, per le condizioni di esercizio (SLE) assume valenza primaria la stima delle deformazioni dei terreni sotto carico.

L'argomento presuppone una certa complessità laddove occorra valutare fondazioni non ancora definite in termini geometrici, tanto da richiedere l'ausilio del calcolo automatico.

A tal proposito si assume una casistica ragionevolmente ampia: una trave di lunghezza compresa tra 5 e 20 m e larghezza variabile tra 0.5 e 2 m, relativamente rigida rispetto al suolo e con piano di posa fissato a - 2 m dalla superficie.

Le sovratensioni indotte sono limitate al campo 50÷200 kPa.

Il volume d'interesse geotecnico, assunto fino a - 15 m di profondità, è suddiviso in strati spessi $h_0 = 1$ m; per ciascuno di questi si stimano i rapporti medi di compressione (CR), di ricomprensione (RR) e di sovraconsolidazione (OCR) tramite correlazioni con i valori CPT.

Il cedimento Δh è calcolato con l'algoritmo della consolidazione primaria, vale a dire:

$$\Delta h = h_0 \cdot (RR \cdot \log(\sigma'_p / \sigma'_{v0}) + CR \cdot \log(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v) / \sigma'_p)$$

$$\text{con } \sigma'_p = OCR \cdot \sigma'_{v0}$$

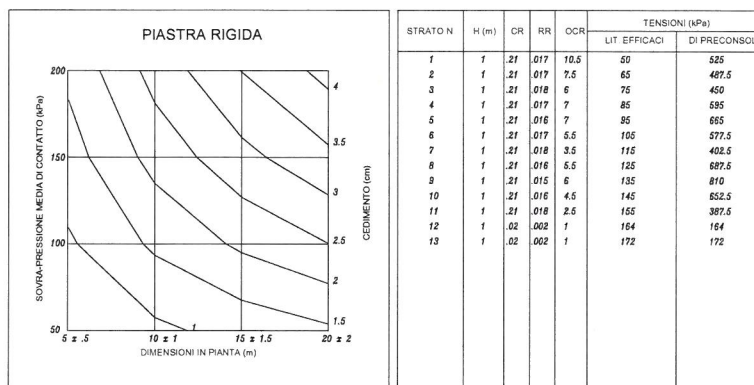
Per quanto attiene il calcolo della sovra-tensione verticale $\Delta\sigma_v$, ponendosi il caso di corpo di carico relativamente rigido rispetto al terreno, in accordo con Voitus Van Hamme considero la proiezione sul punto di coordinate $0.577 \cdot B/2$ e $0.577 \cdot L/2$ rispetto al centro dell'impronta di lati B ed L, così da sfruttare la soluzione della piastra flessibile; in particolare:

$$\Delta\sigma_v = p/2/\pi \cdot (\arctg(a \cdot b/z / (a^2 + b^2 + z^2)^{1/2}) + (1/(a^2 + z^2) + 1/(b^2 + z^2)) \cdot a \cdot b \cdot z / (a^2 + b^2 + z^2)^{1/2})$$

Considerato che detta equazione (Steinbrenner) fornisce $\Delta\sigma_v$ alla profondità z sotto lo spigolo di una lastra caricata p, i valori ricercati si ottengono sovrapponendo gli effetti delle quattro parti d'impronta con vertice comune nel punto d'interesse (schema di Ohde, 1939).

I risultati sono espressi in forma grafica nella figura 5 seguente; i campi delle isolinee forniscono il cedimento per ogni combinazione d'impronta e sovra-pressione sul piano di posa.

CEDIMENTI PER FONDAZIONI RELATIVAMENTE RIGIDE POSTE A - 2 M DAL P.C. (RIF. CPT 1)



CEDIMENTI PER FONDAZIONI RELATIVAMENTE RIGIDE POSTE A - 2 M DAL P.C. (RIF. CPT 2)

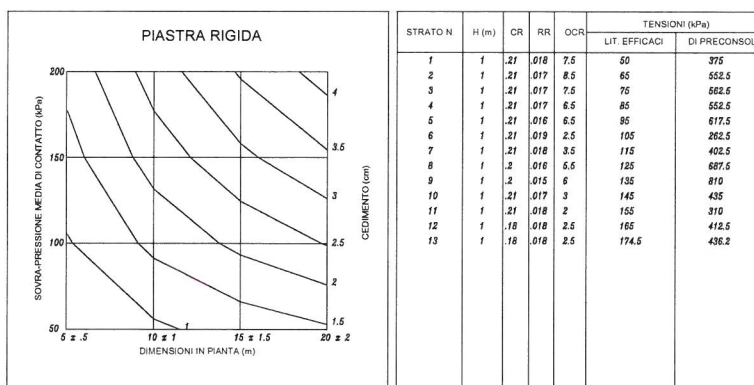


Figura 5

Se s'impone un cedimento ammissibile di 2.5 cm, la sovrappressione al suolo per le strutture di minore lunghezza e larghezza potrebbe superare i 200 kPa mentre per quelle più estese andrebbe contenuta in circa 100 kPa.

Le coordinate cartesiane delle curve contrassegnate 2.5 rappresentano le combinazioni intermedie.

9 RISPOSTA SISMICA LOCALE

9.1 Amplificazione locale e spettro di risposta

Per determinare la risposta sismica locale sono disponibili le misure V_s (velocità delle onde di taglio) entro il pacco superficiale di 30 m, diagrammate sinteticamente in figura 6.

Le stesse velocità sono riportate in termini numerici nella tabella 2 seguente.

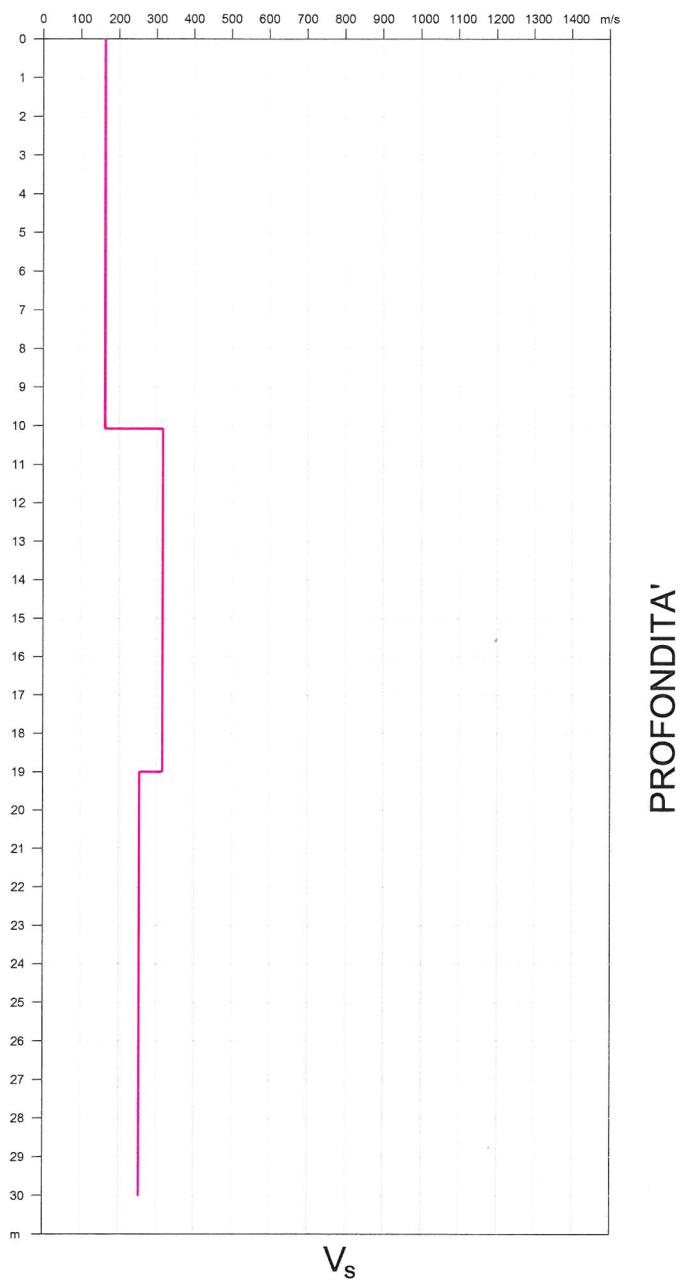


Figura 6

profondità (m)	V_s (m/s)
10.06	162.23
18.98	315.15
30.00	254.89

Tabella 2

La media pesata dei valori secondo le disposizioni normative per determinare il parametro $V_{s(30)}$ porta a stimare

$$V_{s(30)} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{s1}) = 224.63 \text{ m/s}$$

che classifica il sottosuolo nella *Categoria C*.

Riguardo al bedrock sismico, caratterizzato da velocità $V_s > 800 \text{ m/s}$, non se ne è riscontrata la presenza nei primi 200 m di profondità.

Come già indicato nel capitolo 3, negli *Indirizzi* della Regione Emilia Romagna (Delibera progr. n.112 del 2007), per Boretto è indicato in 88 gal il valore d'ancoraggio per l'accelerazione massima orizzontale al bed-rock.

Lo stesso documento fissa a 1.5 il fattore d'amplificazione per alluvioni di pianura con substrato profondo ($> 100 \text{ m}$ da p.c.) e con $200 \leq V_{s(30)} \leq 300 \text{ m/s}$ (Ambito di PIANURA 2).

Un riscontro a questo risultato si può trovare in letteratura, laddove diversi Autori hanno proposto equazioni in grado di stimare il termine F.A.; tra le correlazioni disponibili sembra appropriata quella di Midorikawa & Fusjimoto,2003:

$$\text{Log}_{10}\text{F.A.} = 2.367 - 0.852 \text{ Log}_{10} (V_s) \pm 0.166$$

che nel caso in questione fornisce un valore $\text{F.A.} = 1.6$

Pertanto l'accelerazione attesa in superficie con probabilità del 10% di essere superata una volta in 50 anni risulta pari a 132 gal.

Quanto all'intensità di Housner, i fattori d'amplificazione locale sono da considerarsi nelle misure di 1.8 e 2.5 rispettivamente per $0.1 \text{ s} \leq T_0 \leq 0.5 \text{ s}$ e $0.5 \text{ s} \leq T_0 \leq 1.0 \text{ s}$.

Alla luce delle informazioni raccolte si può tracciare lo spettro di risposta di figura 7, che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso nel territorio comunale, a partire da quello normalizzato per la Regione Emilia Romagna.

Va da sé che in sede di progettazione esecutiva l'azione sismica sarà da definirsi secondo i criteri contenuti nel paragrafo 3.2 del D.M. 14.01.2008 (*Nuove norme per le costruzioni*).

Infine si sottolinea che la carta di microzonazione sismica, prescritta negli *Indirizzi* come output dello studio, non può essere prodotta in questa sede, giacché l'ambito d'indagine è limitato ad un sito puntuale.

D'altra parte tale cartografia è in fase di elaborazione a supporto del PSC in via d'adozione.

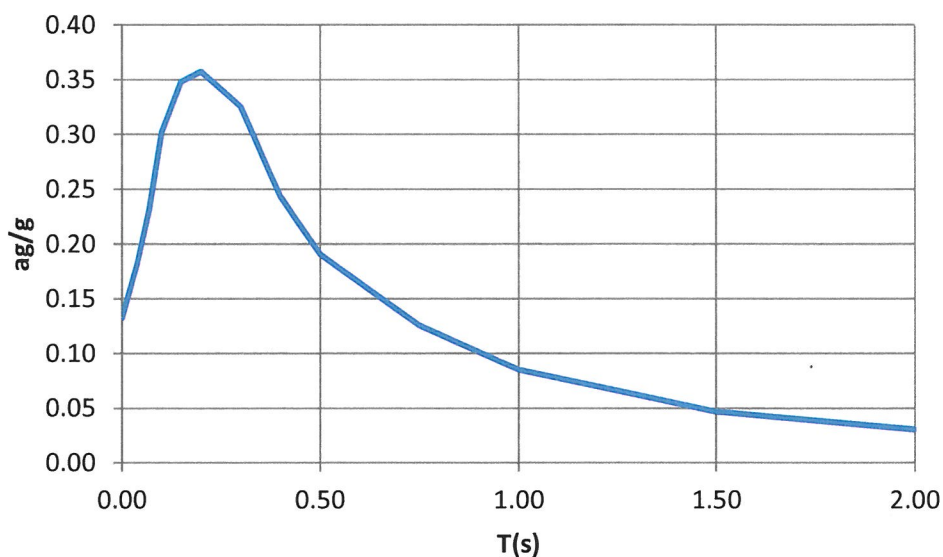


Figura 7

9.2 Rischio liquefazione

La presenza di un substrato sabbioso in falda richiede una verifica relativa alla liquefazione del suolo conforme ai citati *Indirizzi*.

Come noto, il fenomeno si manifesta con il cedimento incontrollabile del terreno, laddove concorrono fattori predisponenti (piezometria superficiale, granulometria uniforme, bassa densità del deposito) e fattori scatenanti (terremoti d'elevata intensità e lunga durata).

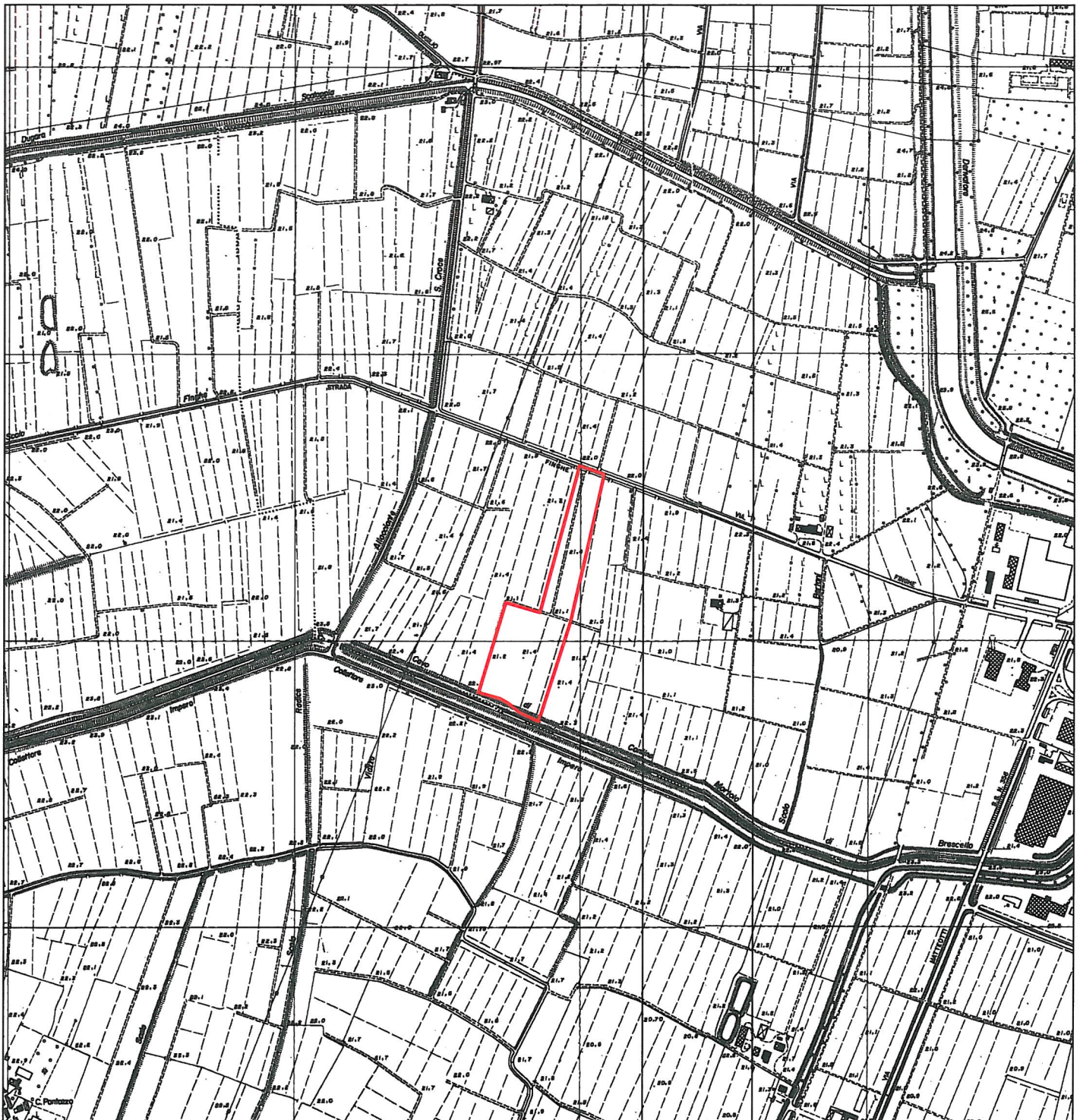
Sulla scorta della massima accelerazione orizzontale attesa in campo libero (0.357 g), della più alta Magnitudo (5.6) e dei dati CPT disponibili, si può trarre qualche indicazione sulla suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

Utilizzando la procedura di Robertson & Wride, 1997 ed il metodo di sintesi di Iwasaky et Al., 1982, la cui descrizione è rimandata alla bibliografia specialistica¹, si ottengono gli output delle tavole 7÷8.

Si sottolinea che per adeguare i valori penetrometrici forniti dalla punta M2 a quelli della punta elettrica considerata dagli Autori, le misure dell'attrito laterale locale f_s sono state dimezzate.

Pur con tale artificio largamente conservativo il rischio di liquefazione risulta basso; a conferma di ciò storicamente non si annoverano fenomeni del genere in tutto il territorio comunale.

¹ Consigliabile il lavoro "CPT-based liquafaction hazard maps for an Italian coastal area" di T. Crespellani, C. Madiati e G. Vannucchi riportato sulla Rivista italiana di geotecnica, anno XXXVII, n.4.



TAV. 1 COROGRAFIA GENERALE

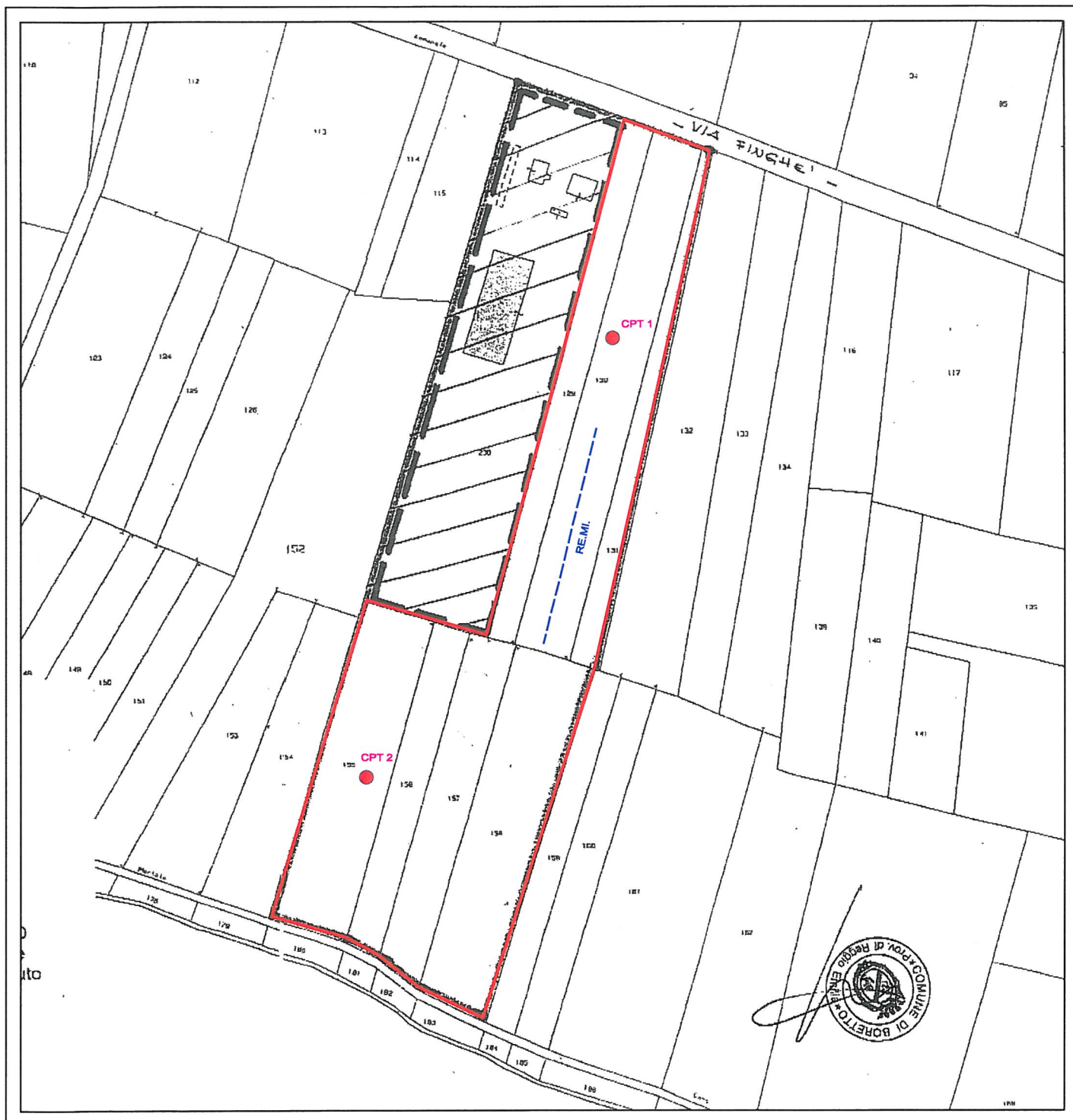
SCALA 1:10000



LEGENDA



Perimetro area oggetto di variante






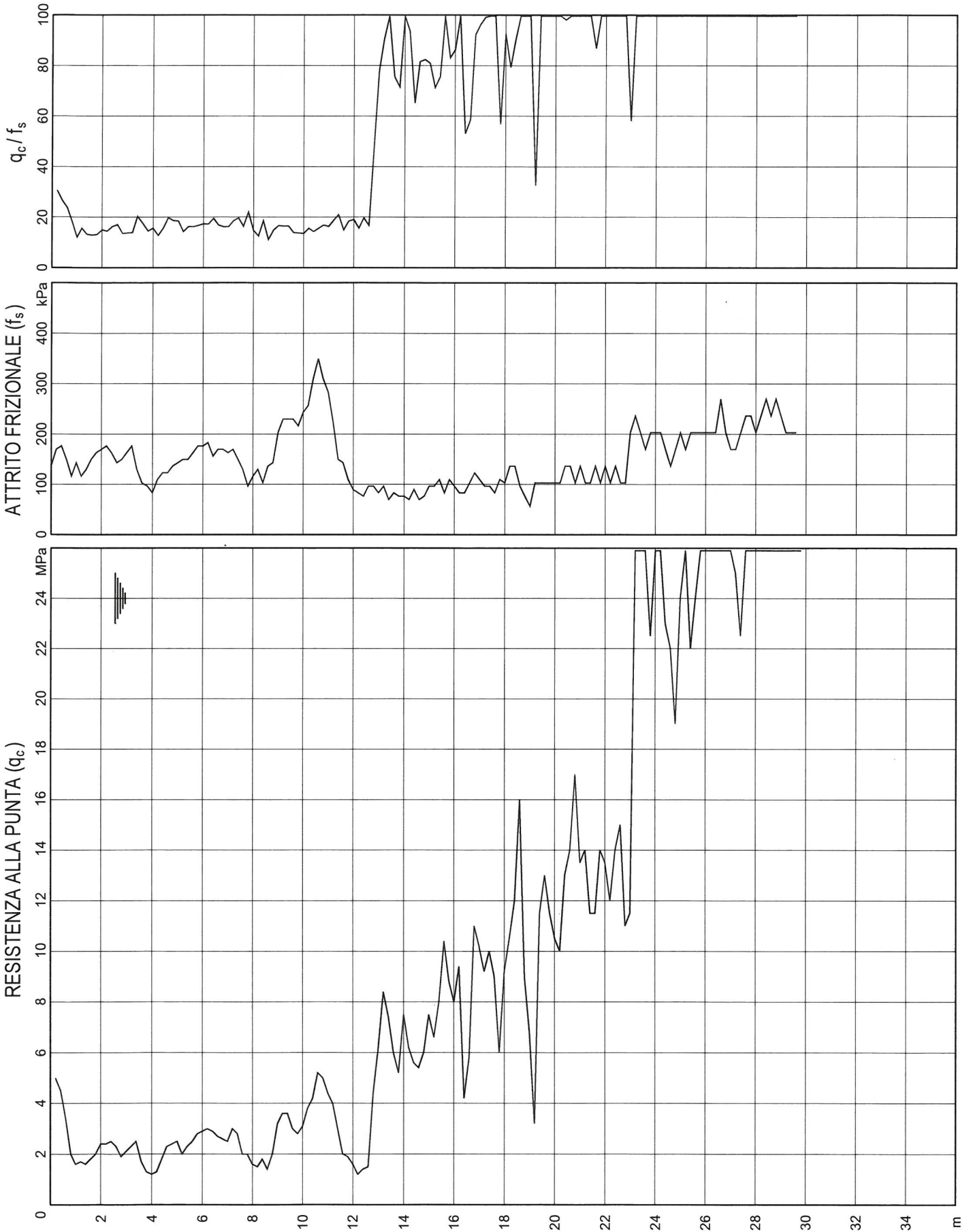
TAV. 2 PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI

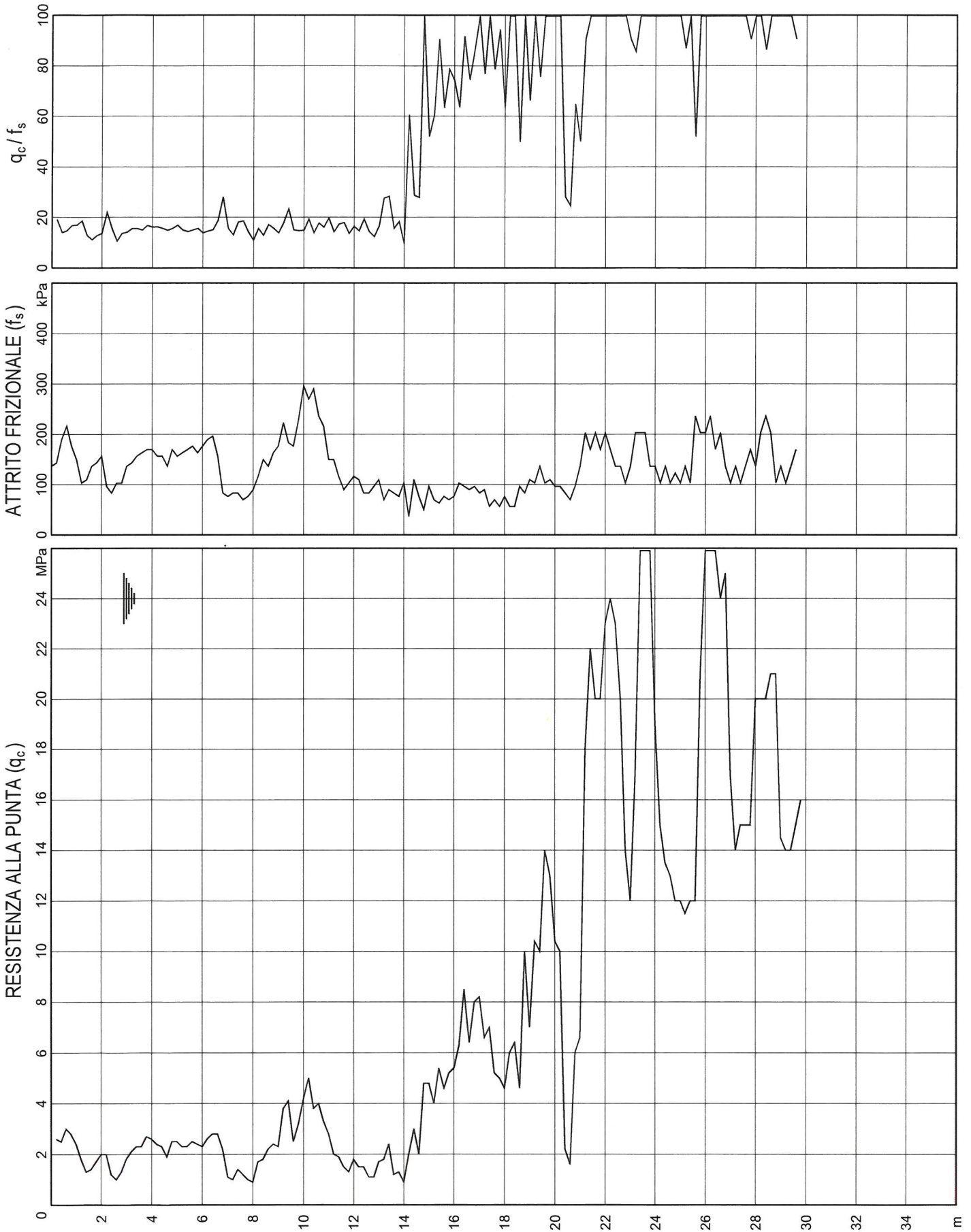
SCALA 1:3000

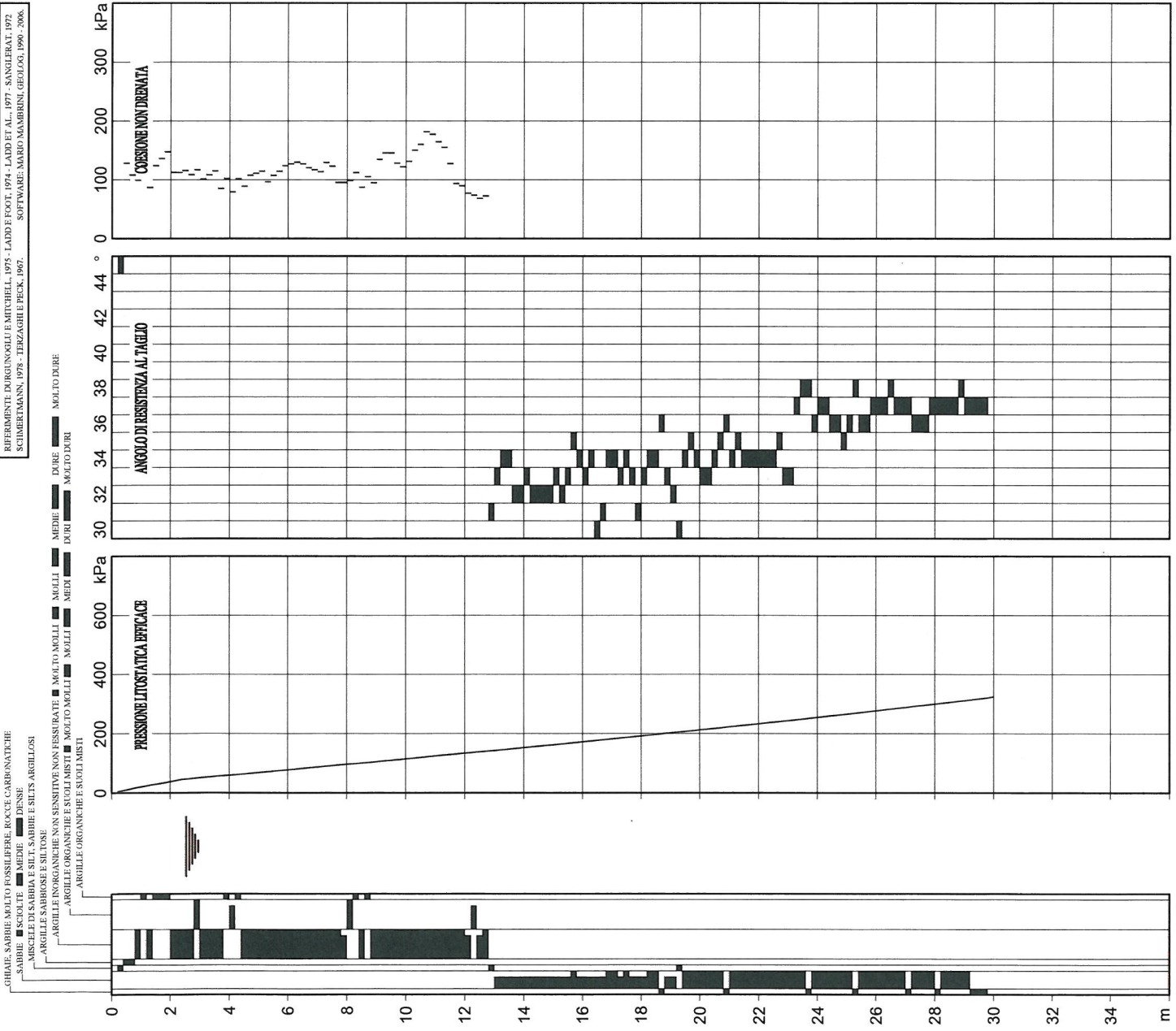
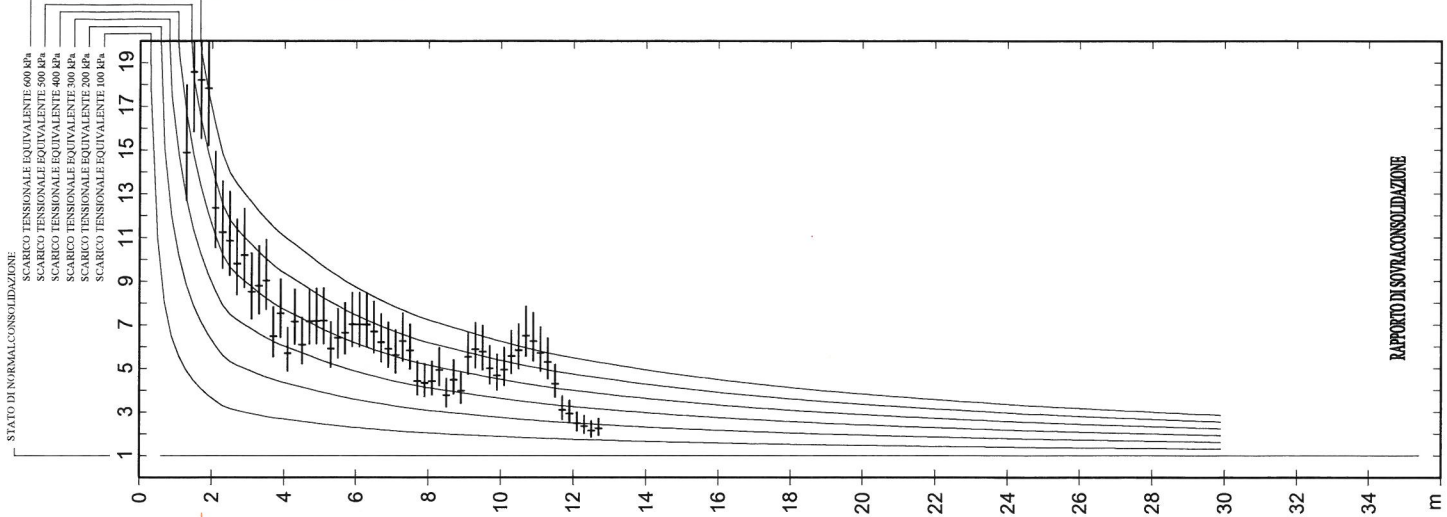


LEGENDA

-  Prova penetrometrica statica (CPT)
-  Indagine geofisica Re.Mi.
-  Perimetro area oggetto di variante





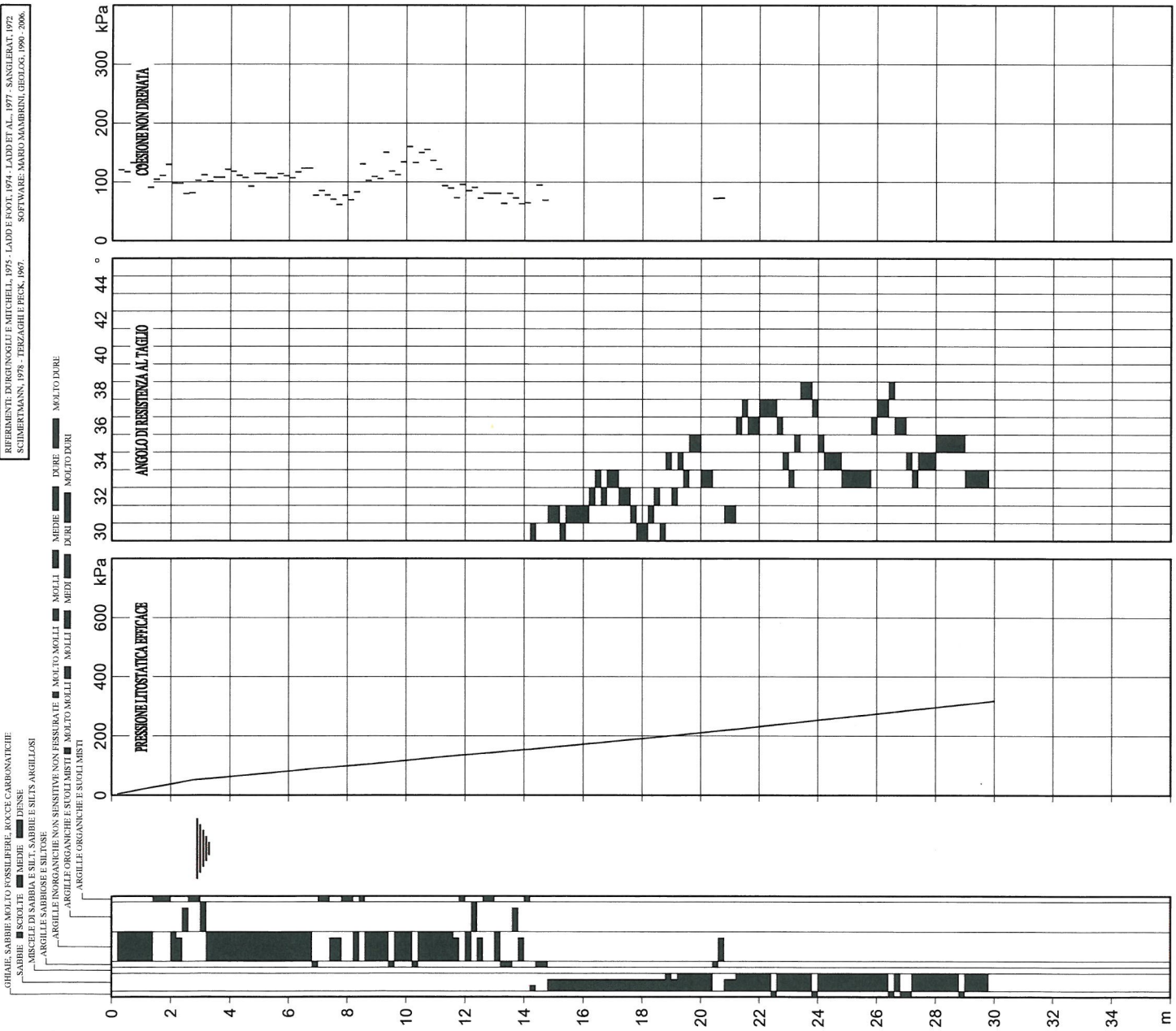
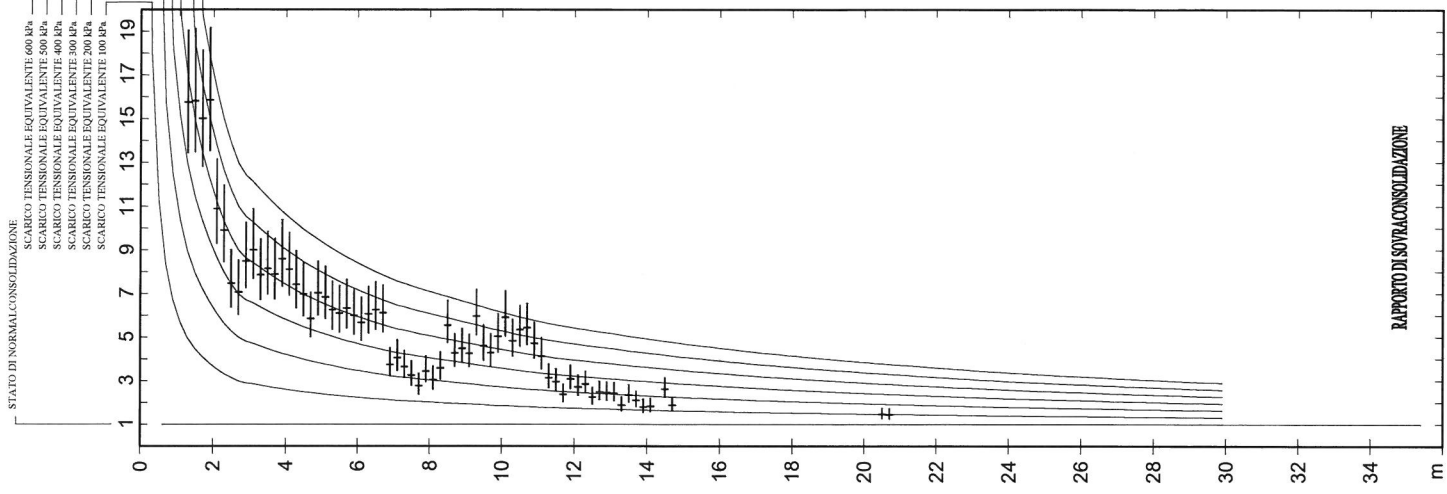


REFERIMENTI: BURGINSCHLE MITCHELL, 1975; LADD E FOLT, 1974; LADD ET AL., 1977; SANDLER ET AL., 1977; SCHIMMELMANN, 1973; TERZAGHI E PECK, 1967; SOFTWARE: MARCO MAMBRESI, GEODISI, 1990 - 2000.

GHIAIE, SABBIE MOLTO FOSFILLI, ROCCE CARBONATICHE, SABBIE, SCALDE, MEDIE, DENSE, MASCELE DI SABBIA E SILT, SABBIE E SILT ARGILLOSI, ARGILLE SABBIOSE E SILTLOSE, ARGILLE INORGANICHE NON SENSITIVE NON FISSURATE, MOLTO MOLLI, MOLLI, ARGILLE ORGANICHE E SUOLI MISTI, ARGILLE ORGANICHE E SUOLI MISTI.

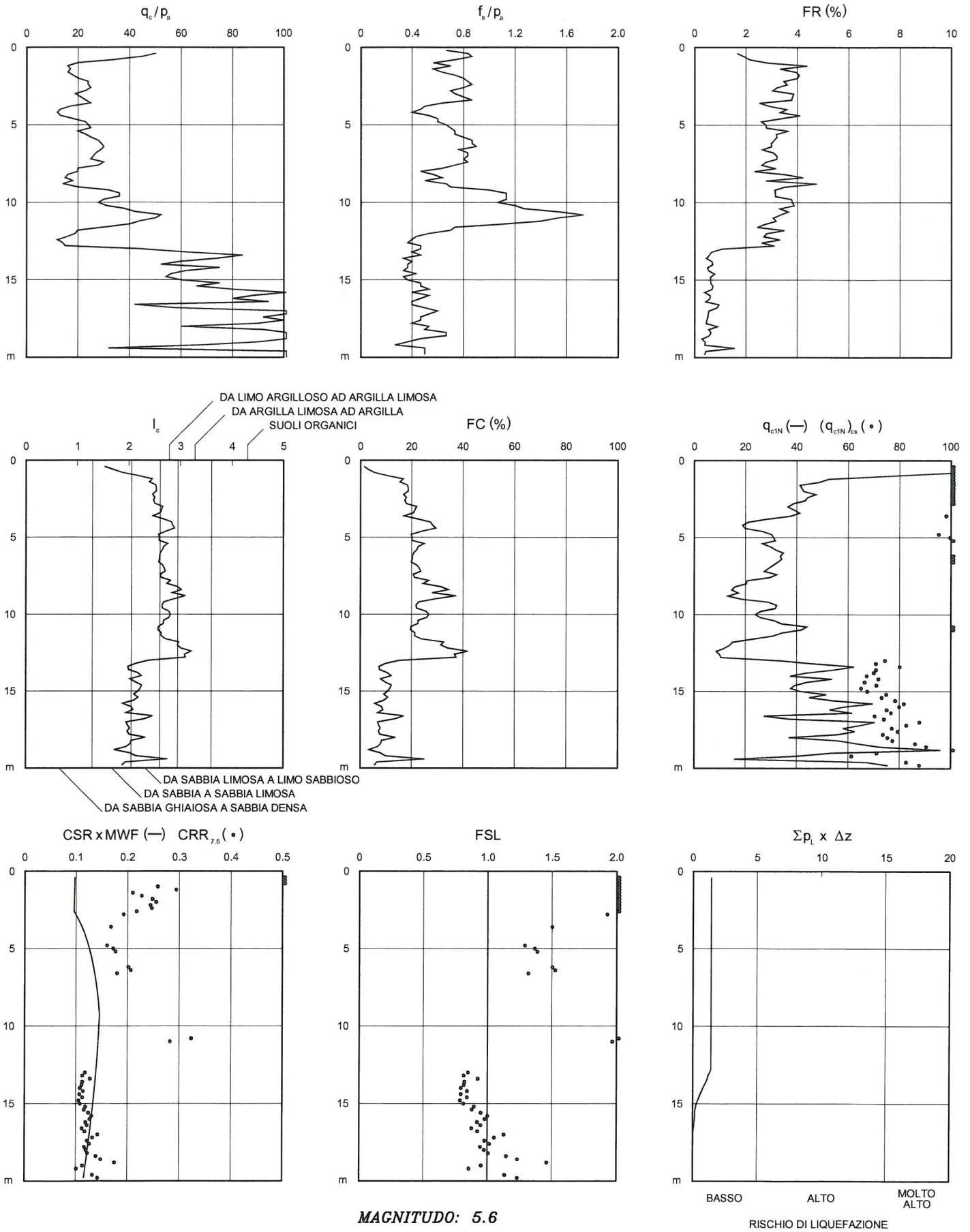
MOLTO DURE, DURE, MEDIE, DURI, MOLTO DURI.

MOLLI, MOLTO MOLLI, MEDIE, MOLLI.



REFERIMENTI: BORGINGOLI E MITCHELL, 1975 - LAND E FOOT, 1974 - LAUD ET AL., 1977 - SANGLERATI, 1972 - SCHEIDT MANN, 1978 - FREGAZZI E FIGG, 1981. SOFTWARE: MARGO MAMBRENI, GEOLOG, 1980 - 2006.

RISCHIO DI LIQUEFAZIONE (Robertson & Wride, 1997 - Iwasaki et al., 1982)



MAGNITUDO: 5.6

ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .357g

RIFERIMENTO: CPT1

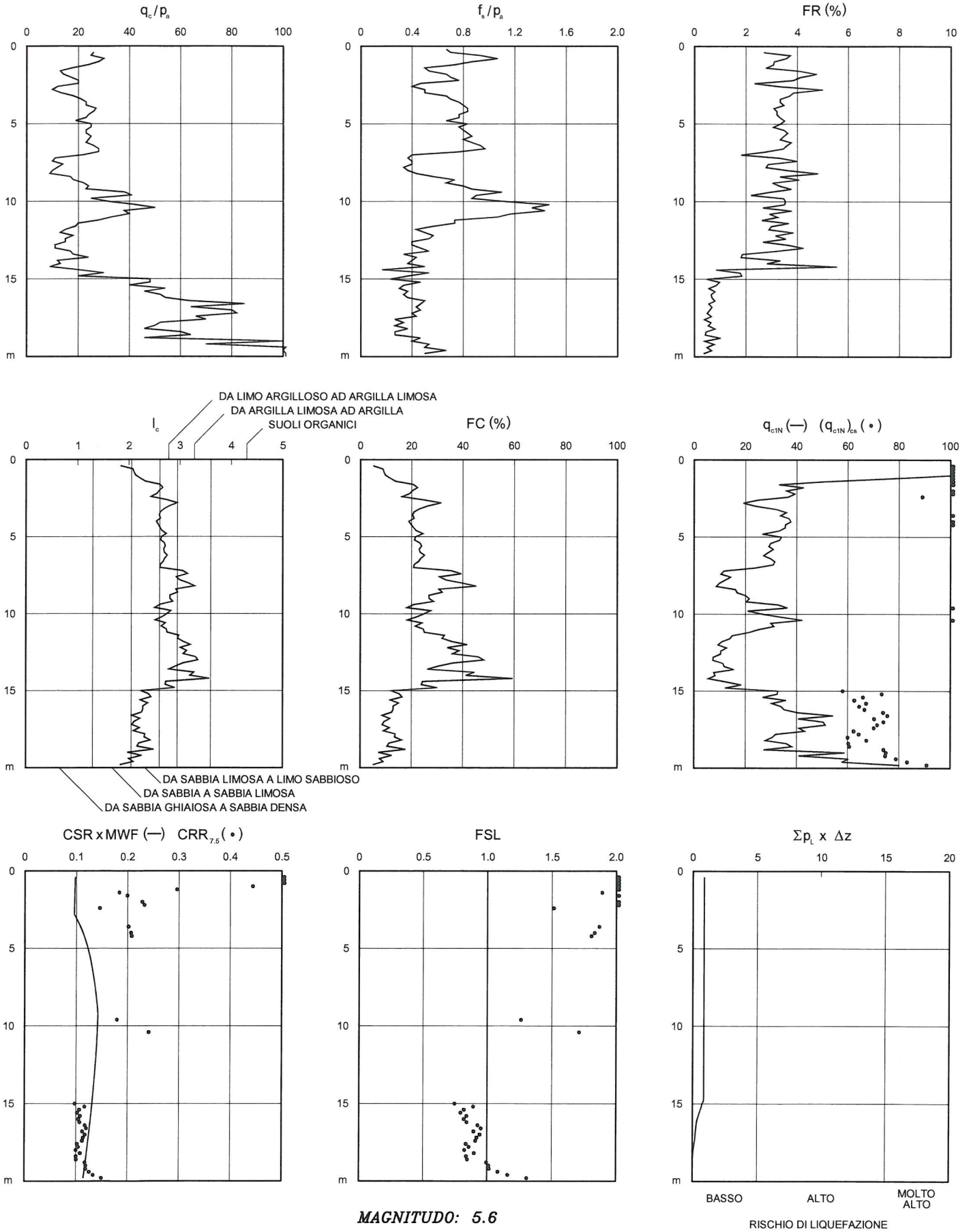
LOCALITA': Boretto (RE)

CANTIERE: Area motocross



SOFTWARE: MARIO MAMBRINI, 2004

RISCHIO DI LIQUEFAZIONE (Robertson & Wride, 1997 - Iwasaki et al., 1982)



MAGNITUDO: 5.6

ACCELERAZIONE ORIZZONTALE: .357g

RIFERIMENTO: CPT2

LOCALITA': Boretto (RE)

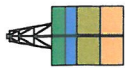
CANTIERE: Area motocross



SOFTWARE: MARIO MAMBRINI, 2004

ALLEGATI

C.G.A.



Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa
Via Fermi n° 11/A - 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
Tel. 051 - 687.11.13 - Fax 051 - 687.43.28

Comune di Boretto (RE)

Località: Comparti Motocross

Committente: Geolog Soc. Coop.

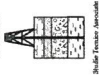
Relazione geofisica relativa all'esecuzione di una prova ReMi nell'area denominata Motocross in Via Finghè destinata a variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).

PROGETTO:	CODIFICA:	DATA
A 751	GF 264 B	31 ottobre 2011

I Geologi



C.G.A.



Via E. Fermi n° 49 - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale P. IVA: 042290376
Tel. 051 - 687.11.13 - Fax 051 - 687.43.28
Web: <http://www.egastudio.it> E-mail: egastudio@egastudio.it

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

GEOLOG Società Cooperativa

Relazione geofisica relativa all'esecuzione di una prova ReMi nell'area denominata Motocross in Via Finghè destinata a variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).

PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 751	GF 264B	0	Pagina 1 di 8

McLavori in corso A 751 - GF 264 - Geolog Soc. Coop. - Dott. Geol. F. Barbieri - ReMi Boretto (RE) Motocross A 751 - GF 264B - Geolog Soc. Coop. - Prove ReMi Boretto Motocross.doc

SOMMARIO

SOMMARIO	1
INTRODUZIONE	2
METODOLOGIA DI INDAGINE	3
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA REMI.....	3
Modalità esecutive.....	3
Specifiche geofoni.....	4
Specifiche sismografo.....	4
ELABORAZIONE DEI DATI	5
Analisi delle immagini di dispersione o potenza.....	5
Immagini caratterizzanti il tono fondamentale.....	5
Interpretazione.....	5
DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE NEI PRIMI 30 M (V _{s30}).....	7
Comparto MOTOCROSS.....	7
Determinazione delle categorie di suolo di fondazione.....	8

APPENDICE 1 – FIGURE ED ELABORATI GRAFICI

APPENDICE 2 – CERTIFICATI INDAGINE SISMICA REMI

C.G.A.



Studio Tecnico Associato

**Studio Tecnico Associato
Consulenze di Geologia e Ambiente**
del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa

Via E. Fermi n° 49 - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale n° 047290976
Tel. n° 051 - 687.1113 Fax n° 051 - 687.4328
E-mail: cgastudio@cgastudio.it
Web: <http://www.cgastudio.it>

Via E. Fermi n° 49 - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Codice Fiscale n° 047290976
Tel. n° 051 - 687.1113 Fax n° 051 - 687.4328
E-mail: cgastudio@cgastudio.it
Web: <http://www.cgastudio.it>

M.Lavori in corso A/751 - GF 264B - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Geol. F. Barbieri - ReMi Boretto (RE) Motorcross A/751 - GF 264B - Geolog.Soc. Coop.

GEOLOG Società Cooperativa

Relazione geofisica relativa all'esecuzione di una prova ReMi nell'area denominata Motorcross in Via Finghè destinata a variante parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).

PROGETTO A 751

CODIFICA GF 264B

REV. 0

PAGINA Pagina 3 di 8

M.Lavori in corso A/751 - GF 264 - Geolog.Soc. Coop. - Dott. Geol. F. Barbieri - ReMi Boretto (RE) Motorcross A/751 - GF 264B - Geolog.Soc. Coop.

Prove ReMi Boretto Motorcross.doc

INTRODUZIONE

Su incarico della Ditta GEOLOG Soc.Coop. è stata redatta la presente indagine geofisica per la valutazione della V₃₀ e la ricerca del Bedrock sismico in un'area destinata a variante parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).

L'ubicazione della zona d'indagine è rappresentata in Appendice n° 1.

Lo studio, come da piano di indagine preliminare, ha seguito il seguente sviluppo:

- Esecuzione di n°1 prospezione sismica passiva effettuata con metodo ReMi;
- Elaborazione dei dati raccolti.

METODOLOGIA DI INDAGINE

INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA REMI

Il metodo ReMi (Refraction Microtremor) ha come obiettivo quello di valutare la distribuzione della velocità delle onde "S" sia per la definizione in situ della V₃₀ sia per la ricostruzione del profilo del sottosuolo indagato.

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J.Louis presso la Nevada University. Il software commerciale (ReMi®) che supporta questo tipo di elaborazione è stato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

Il metodo ReMi prevede l'acquisizione di tutti i segnali sia a bassa che ad alta frequenza che occasionalmente vengono generati nell'area d'indagine. Al fine di poter raccogliere lo spettro più completo per ogni verticale d'indagine vengono effettuate almeno dieci registrazioni che poi vengono utilizzate per la costruzione di una curva di dispersione per le onde di superficie, attraverso l'elaborazione di un'immagine di potenza derivata dall'analisi della propagazione delle onde di Rayleigh.

La tecnica di prospezione ReMi utilizza quindi un'immagine rappresentativa delle frequenze delle onde superficiali, espressa in funzione della lentezza (slowness = 1/v_r dove v_r corrisponde alla velocità di fase) delle stesse. Nell'immagine di potenza o dispersione viene inoltre enfatizzata cromaticamente l'energia associata alle vibrazioni evidenziando così le aree corrispondenti alla miglior diffusione dei microtremori.

Una volta individuata la sequenza di frequenze e velocità di fase corrispondenti alla più probabile distribuzione della dispersione nel sottosuolo esaminato (analisi della curva di dispersione) si procede alla ricostruzione delle stratigrafia rappresentativa della distribuzione delle velocità delle onde S tramite l'utilizzo di un algoritmo di inversione.

La tecnica di prospezione ReMi può essere così schematizzata:

1. esecuzione di almeno 10 acquisizioni delle onde superficiali per ogni verticale indagata;
2. costruzione delle curve di potenza per ogni verticale (grafico della frequenza rispetto alla lentezza) e determinazione della curva di dispersione;
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_r.

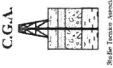
Modalità esecutive

Le indagini ReMi vengono eseguite disponendo sul terreno almeno 24 sensori (geofoni), posti ad intervallo costante (5.00 m), collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede ad effettuare almeno 10 registrazioni dei rumori di fondo o microtremori.

Vengono utilizzati geofoni con bassa frequenza (4.5 Hz), ed il tempo di registrazione viene mantenuto almeno di 20 s.

L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati.

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa Tel. 051 - 6647.11.13 - Fax 051 - 687.43.28 E-mail: egastudio@egastudio.it Web: http://www.egastudio.it</p>	GEOLIOG Società Cooperativa Relazione geofisica relativa all'esecuzione di una prova ReMi nell'area denominata Motocross in Via Finghè destinata a variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).		
	Via E. Fermi n° 49 - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETTO (BO) Codice Fiscale e P.IVA 0412203076 Tel. 051 - 6647.11.13 - Fax 051 - 687.43.28 E-mail: egastudio@egastudio.it Web: http://www.egastudio.it	A 751	GF 264B

ELABORAZIONE DEI DATI

Analisi delle immagini di dispersione o potenza

Le immagini di potenza rappresentano, in forma grafica, lo spettro di dispersione delle onde di Rayleigh che si propagano nel sottosuolo dell'area indagata. Le immagini (10 plan per ogni verticale indagata) illustrano la dispersione vera e propria intesa come variazione della lentezza (slowness) in funzione delle frequenze dello spettro. Evidenziano inoltre l'energia associata alle vibrazioni (Averaged ReMi Spectral Ratio) utilizzando variazioni di toni di colori. L'obiettivo dell'analisi delle immagini di dispersione è l'individuazione di tutte le immagini nelle quali è chiaramente riconoscibile il "tono fondamentale" della vibrazione (fundamental mode), distinguendolo da tutti gli ipertoni associati (higher tone). L'individuazione delle immagini adatte e la loro somma permette di giungere alla principale chiave di lettura della prospezione cioè l'individuazione della "curva di dispersione" e quindi, tramite inversione la ricostruzione della sequenza sismostratigrafica del sito indagato.

Immagini caratterizzanti il tono fondamentale

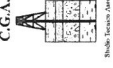
L'individuazione del "tono fondamentale" del sito è stata effettuata confrontando tutte le immagini di potenza ottenute ad ogni acquisizione effettuate; i criteri di scelta sono stati i seguenti:

- Ricerca delle immagini rappresentative del più ampio e completo spettro di frequenze;
- Ricerca delle immagini rappresentative della dispersione del solo tono fondamentale o, in alternativa, con il minor numero di ipertoni possibile.

Interpretazione

Il profilo delle Vs è determinato sulla base di un algoritmo iterativo di inversione che utilizza i dati ottenuti dallo studio della curva di dispersione.

- L'inversione è effettuata automaticamente generando un modello iniziale basato sulla curva di dispersione ReMi;
- L'algoritmo di inversione elabora i dati assumendo come prima ipotesi di lavoro che la velocità delle onde di superficie è in massima parte dipendente dalla loro componente in onde S;
- L'algoritmo analizza la curva di dispersione assumendo che evidenti variazioni di curvatura nella curva stessa vengano considerati rappresentativi di una variazione nella velocità di propagazione delle stesse onde S;
- In altre parole un cambiamento significativo della pendenza della curva di dispersione viene considerato generato da una variazione di velocità delle onde S che si verifica alla profondità pari ad un quarto della lunghezza d'onda corrispondente;

 <p>Studio Tecnico Associato Consulenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Ropa Tel. 051 - 6647.11.13 - Fax 051 - 687.43.28 E-mail: egastudio@egastudio.it Web: http://www.egastudio.it</p>	GEOLIOG Società Cooperativa Relazione geofisica relativa all'esecuzione di una prova ReMi nell'area denominata Motocross in Via Finghè destinata a variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE).		
	Via E. Fermi n° 49 - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETTO (BO) Codice Fiscale e P.IVA 0412203076 Tel. 051 - 6647.11.13 - Fax 051 - 687.43.28 E-mail: egastudio@egastudio.it Web: http://www.egastudio.it	A 751	GF 264B

Lo strumento utilizzato è il sismografo digitale A6000-S di produzione M.A.E. srl caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale con dinamiche a 24 bit.

Nel caso specifico la geometria dell'array di indagine è riassunta nella seguente tabella:

Linea	Acquisizioni	n° geofoni	Spacing (m)	Lunghezza Array
L1	10.00	24.00	5.00	115.00

Tabella n° 1 - Array di indagine

Specifiche geofoni

Le caratteristiche dei geofoni e dello strumento utilizzati sono sinteticamente riassunte in tabella n°2.

Specifiche sismografo

GEOFONI GEOSPACE GS-110	
Natural Frequency	4.5 ± 0.75 Hz
Coil Resistance @25°C ±5%	380 Ohms
Intrinsic Voltage Sensitivity with 380 Ohm Coil ±10%	0.12 V/cm/s
Normalized Transduction Constant (V/Inch/s)	0.62 (at use of Re)
Open Circuit Damping	0.34 ± 3.0%
Damping Constant with 380 Ohm Coil	762
Optimal Coil Resistances ± 5%	56, 16 Ohms
Moving Mass ± 5%	23.6 g
Typical Case to Coil Motion P-P	0.18 cm
Harmonic Distortion with Driving Velocity of 0.7 inches (11.8 cm/sec) P-P	N/S

SISMOGRAFO M.A.E. - A6000S	
CPU	NS Geode GXLV 233MHz
Memoria RAM	128 Mb PC100 MHz
Hard Disk	512 Mb on Compact Flash Disk Ultima23
Batteria di riserva	al Litio
Monitoraggio Hardware	Winbond W83781D
Display LCD	10.5" TFT Transflective a colori, touch screen
Controller	East Ethernet lined 82559ER 10/100 Base-T
Alimentazione	con alimentatore Switching 12 Volt 2Ah
Valigia	in copolimeri di polypropylene antiscalfiamento
Temperatura di funzionamento	da 0 a 60°C
Dimensioni e peso	L280 X H220 X P170 mm, 3 Kg

Tabella n° 2 - Caratteristiche tecniche dei geofoni e del sismografo utilizzati



- L'algoritmo esegue sul modello iniziale migliaia di iterazioni mantenendo costante soltanto il valore della densità (2,0 g/cm³);
- Sia lo spessore che la velocità di ogni strato vengono simultaneamente modificati più di 10.000 volte dai numeri casuali generati tramite la funzione di Ingber;
- L'accettazione del modello avviene per il valore più basso raggiungibile del RMSE. Il profilo delle V_s è determinato sulla base di un algoritmo iterativo di inversione che utilizza i dati ottenuti dallo studio della curva di dispersione.

Determinazione della velocità delle onde sismiche nei primi 30 m (V_{s30})

Utilizzando le metodologie e le formule di cui al paragrafo relativo alla metodologia ReMi, è possibile individuare la seguente sezione sismica di sintesi:

Comparto MOTOCROSS

Strato	Spessore medio (m)	V_s (m/s)
1	10.06	162.23
2	8.92	315.15
3	11.02	254.89

Tabella n° 5 - Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica di taglio

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.09.2005 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo

V_{si} = Velocità orizzontale dello strato i -esimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

V_{s30}
224.63

Nei primi 200 m di profondità non è stata riscontrata la presenza di bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s)



PROGETTO	CODIFICA	REV.	PAGINA
A 751	GF 264B	0	Pagina 8 di 8

M:Lavori in corso A 751 - GF 264 - Geolog Soc. Coop. - Dott. Geol. F. Campioli - ReMi Boretto (RE) Motocross A 751 - GF 264B - Geolog Soc. Coop. Prove ReMi Boretto Motocross.doc

Determinazione delle categorie di suolo di fondazione

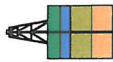
Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione del Fattore Stratigrafico S.

Categorie di suolo di fondazione:

A	Arretrati rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 80 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	Roce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 20 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 600 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s.
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$, che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 6 - Definizione dei profili stratigrafici

Da cui si evince che l'area indagata appartiene alla categoria C.



APPENDICE 1

Figure ed elaborati grafici

PROGETTO:

A 751

CODIFICA:

GF 264 B

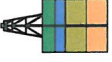
REVISIONE:

0

NOTE:

31 ottobre 2011

C.G.A.



Studio Tecnico Associato Competenze di Geologia e Ambiente del Dott. Geol. F. Barbieri e del Dott. Geol. M. Roppa
Via E. Fermi n° 11/A - 40017 SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)
Tel. 051 - 687.11.13 Fax 051 - 687.43.28

APPENDICE 2

Certificati indagine sismica ReMi

PROGETTO:	CODIFICA:	REVISIONE:	NOTE:
A 751	GF 264 B	0	

31 ottobre 2011



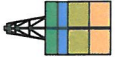
Base fotoaerea

FIGURA n° 1

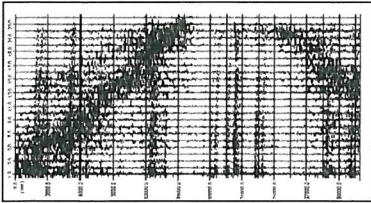
Area Motocross ubicazione prova sismica ReMi

-scala 1:2.000-

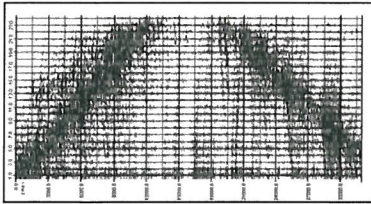
C.G.A.



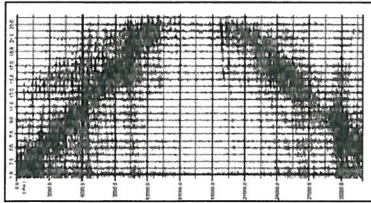
Variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE)
Area MOTOCROSS - Via Finghè - Sismogrammi acquisizioni passive



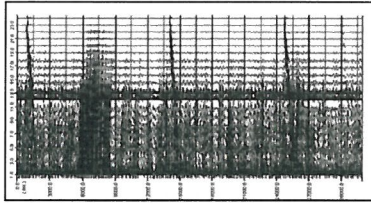
A00



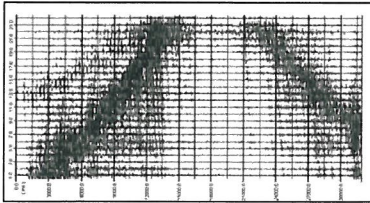
A01



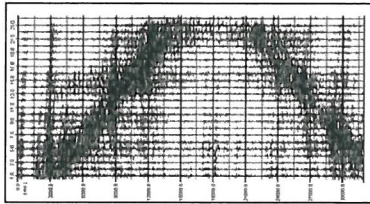
A02



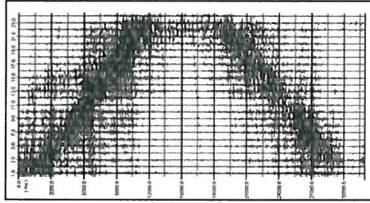
A03



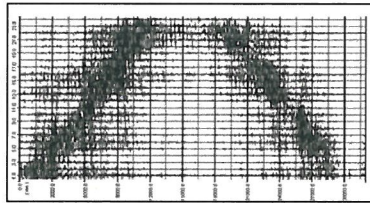
A04



A05

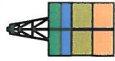


A06



A07

C.G.A.



Variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE)
Area MOTOCROSS - Via Finghè - Plan del rumore sismico



A00



A01



A02



A03



A04



A05



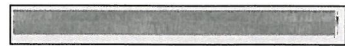
A06



A07

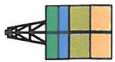


A08

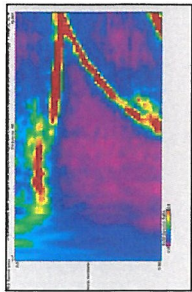


A09

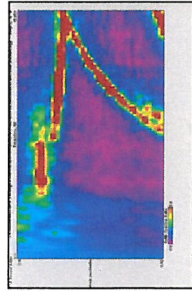
C.G.A.



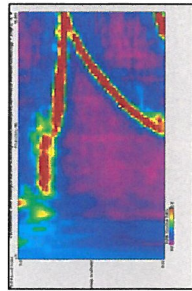
Variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE)
Area MOTOCROSS - Via Finghè - Immagini di dispersione utilizzate e loro somma



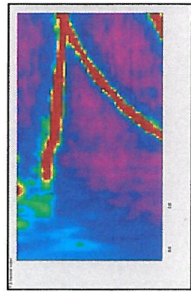
A00



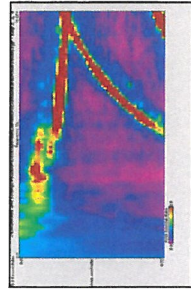
A01



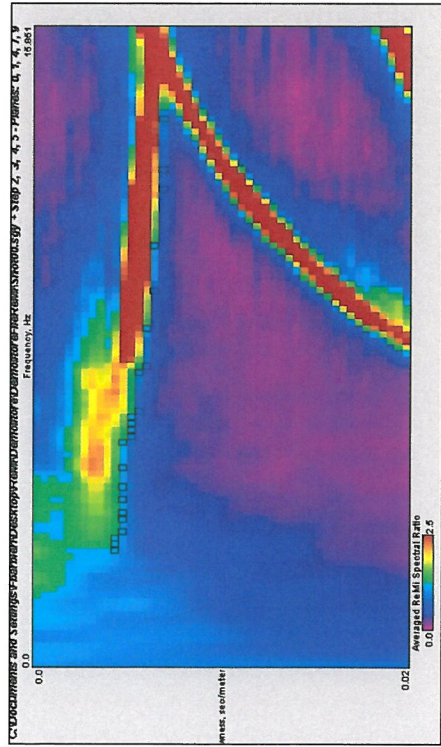
A05



A07

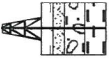


A09



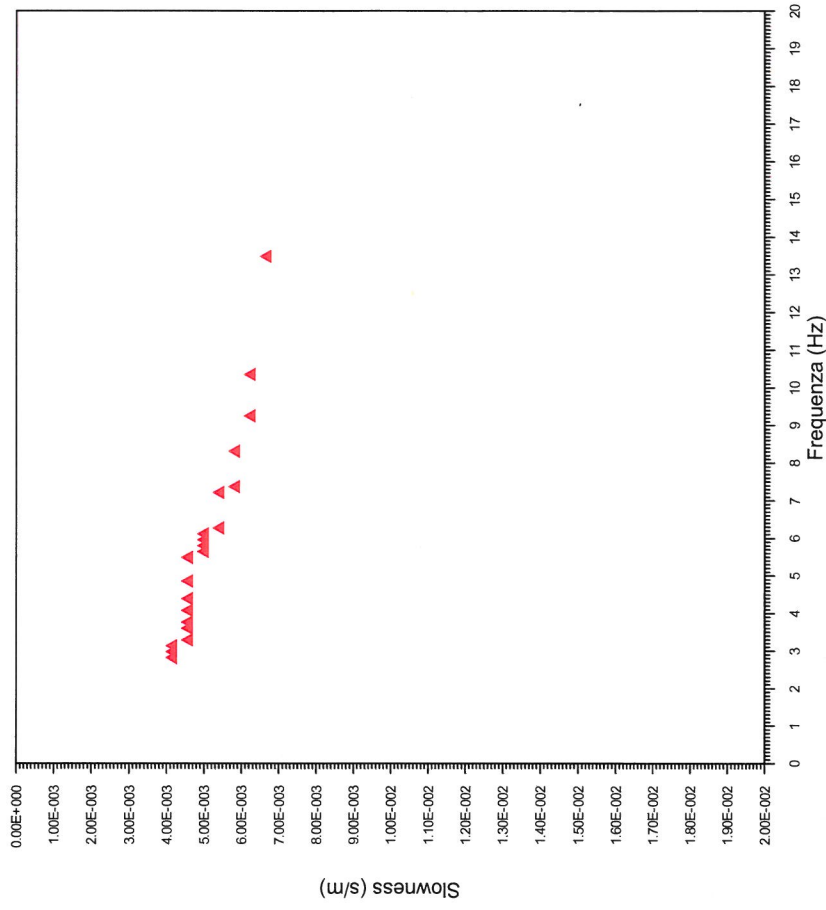
Somma delle immagini di dispersione e percorso di picking.

C.G.A.

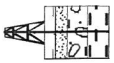


Variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE)
Prova ReMi - Area MOTOCROSS - Via Finghè - Picking

L'acronimo di geofisica



C.G.A.



Laboratorio di geofisica

Variante Parziale al PRG Vigente del Comune di Boretto (RE)
Prova ReMi - Area MOTOCROSS - Via Finghè - Vs e Vp

